

Материалы 2-й Междунар. науч.-техн. конф. «Наука – образованию, производству, экономике». Т.1. – Минск: БНТУ, 2004. – С.279-281.

2. Аземша С.А. Выбор управляемых параметров критерия эффективности магистральных грузовых автомобильных перевозок // Сборник докладов 8-й Конференции молодых ученых Литвы «Литва без науки – Литва без будущего». – Вильнюс: Техника, 2005. – С.306-311.

Получено 14.02.2006

УДК 621.311.4.011.57

В.С.МОГИЛА, канд. техн. наук, Н.А.ОЛЕШКЕВИЧ

*Белорусский государственный университет транспорта, г.Гомель
(Республика Беларусь)*

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА С УЧЕТОМ СЛУЧАЙНЫХ ФАКТОРОВ

Предлагается методика построения кривых движения подвижного состава городского электрического транспорта с большей, чем по традиционным методам точностью. Методика предполагает снижение требований к вычислительным мощностям машин.

Современный городской электрический транспорт (ГЭТ) работает совместно со многими другими видами подвижного состава (ПС), такими как автобусы, маршрутные такси, а также с видами транспорта, не имеющими никакого отношения к массовым перевозкам пассажиров: грузовые и частные автомобили, мотоциклы и т.д. В условиях города также нередки случайные помехи на проезжей части в виде пешеходов, животных, дорожных выбоин. Все вышеперечисленные факторы с точки зрения моделирования являются случайными и носят непредсказуемый характер. Регулируемые и нерегулируемые перекрестки, не смотря на кажущуюся предсказуемость светофорного регулирования, так же являются случайной помехой. Это объясняется несовместимыми масштабами времени, в которых работают ГЭТ и отдельно взятый светофор. Несмотря на сложность поставленной задачи учета всех таких случайностей, имитация непредсказуемых элементов является ключевой в повышении точности моделирования движения ГЭТ.

Нами предлагается имитационная модель с возможностью учета такого случайного фактора, как светофорное регулирование. В дальнейшем планируется усложнить модель и задействовать все (по возможности) случайные факторы, упоминавшиеся выше. Начальный выбор нами светофорного регулирования объясняется тем, что для имитации такого элемента не требуется использование каких-либо законов распределения и масштабных натурных исследований. Чтобы математически описать такой объект нужно знать только расстояние,

на котором он расположен от условного начала профиля, и цикл работы сигналов светофора во времени. Однако при попытке программно описать данный элемент для имитации, авторы столкнулись с определенными проблемами моделирования. Одна из таких проблем заключается в возможности проезда подвижной единицей на запрещающий сигнал светофора, если подряд идут несколько регулируемых перекрестков с недопустимо близким друг к другу взаимным расположением. Такая особенность имитации названа *светофорной ошибкой*. Чтобы выяснить причины возникновения светофорных ошибок, необходимо сначала пояснить алгоритм проезда регулируемых перекрестков.

Перед описанием алгоритма работы части программы, нужно договориться о некоторых терминах и названиях, использованных авторами при пояснении. Так, назовем тяговую кривую, шаг построения которой совпадает с направлением движения подвижной единицы (прямое построение) прямой тягой, а кривую, шаг построения которой противоположен движению подвижной единицы (построение от обратного) обратным торможением. При этом, если кривая обратного торможения после некоторого заданного V_T (V_T – скорость начала торможения, км/ч) переходит на режим выбега, то она называется кривой мягкого обратного торможения (МОТ), а если в кривой обратного торможения присутствует только режим торможения, то такая кривая называется жестким обратным торможением (ЖОТ). На рис.1 приведены примеры различных видов кривых. На рис.1,2 показано методику получения результирующей тяговой кривой на примере прямой тяги и МОТ. Следует отметить, что результирующую кривую также можно получить, соединив кривую прямой тяги с кривой ЖОТ. Ниже подробно будут рассмотрены оба варианта получения результирующей тяговой кривой. Точка X на рис.1 может быть как остановкой, так и концом профиля, так и светофором, на котором потребовался останов подвижной единицы (ПЕ).

Проезд светофора в точке X происходит следующим образом:

Этап №1: строится кривая прямой тяги до достижения светофора в точке X (рис.1, *a*).

Этап №2: в точке X модуль, ответственный за построение тяговой кривой задает блоку, ответственному за обработку светофоров, вопрос: «При расположении ПЕ в точке профиля X и модельном времени t_X в этой точке возможно ли дальнейшее движение через заданный светофор?» Если возвращаемый блоком результат утвердительный (да, возможно), построение тяги продолжается до очередного светофора, остановки или конца профиля. Если возвращаемый блоком

результат отрицательный (нет, невозможно), то наступает следующий этап в построении кривой тяги.

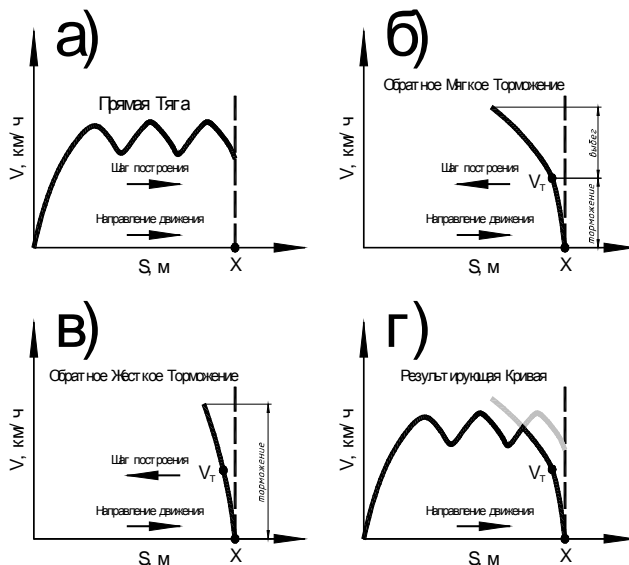


Рис.1 – Примеры тяговых кривых:

а – кривая тяги в прямом направлении; *б* – кривая обратного торможения с режимом выбега; *в* – кривая обратного торможения без режима выбега; *г* – результирующая тяговая кривая на примере прямой тяги и мягкого обратного торможения.

Этап №3: (данный этап построения наступает только в том случае, если на этапе №2 блок обработки светофоров вернул отрицательный результат). Тот же модуль построения тяговых кривых строит из точки *X* кривую МОТ (рис.1, б), затем находит точки пересечения кривой прямой тяги с новой кривой МОТ, отбрасывает «лишние» куски, и вычисляет общее модельное время (вплоть до точки *X*) присоединенного отрезка тяговой кривой (рис.1, г).

Этап №4: на этом этапе блоку, обрабатывающему светофорное регулирование, опять задается вопрос: «При прежнем положении ПЕ (точка *X*) и новом модельном времени t_{X1} возможен ли проезд?» Здесь возвращаемый ответ анализируется более подробно:

а) проезд невозможен и t_{X1} и t_X находятся в одном временном сегменте;

б) проезд невозможен, но t_{X1} и t_X находятся в разных временных сегментах;

в) проезд возможен.

Самым простым для моделирования является первый ответ блока (ответ *а*). В этом случае светофор ничем не отличается от обычной остановки. Модуль построения тяги отсчитывает время простоя ПЕ на данном перекрестке и загружает в память следующий участок профиля. Все этапы расчета повторяются. Более трудоемкими с точки зрения вычисления являются последние два ответа модуля (ответы *б* и *в*). Ответ *б* говорит о том, что за время, пока ПЕ сбрасывала скорость, на перекрестке успел загореться и погаснуть разрешающий сигнал светофора. При определенных параметрах ПС, уклона сегмента профиля и цикла светофорного регулирования такой исход вполне вероятен. Ответ *в*) свидетельствует о том, что за время остановки ПЕ запрещающий сигнал успел смениться разрешающим на заданном перекрестке.

Этап №5: далее, независимо от типа ответа (*б* или *в*), подпрограмма сначала пытается разрешить ситуацию с помощью ЖОТ. Исполнение алгоритма возвращается к этапу №3, только в этом случае модуль тяговых расчетов строит не кривую МОТ, а ЖОТ. Данный прием использован для повышения скорости работы модели, а также для снижения вероятности возникновения светофорных ошибок, что будет рассмотрено ниже. На очередном этапе №4 (назовем его *этап №6*) опять происходит опрос соответствующего блока: «И теперь, при всё неизменном положении ПЕ (расстояние X), но новом модельном времени t_{X2} возможен ли проезд?» Возможные ответы блока идентичны предыдущим:

а) проезд невозможен и t_{X2} и t_X находятся в одном временном сегменте;

б) проезд невозможен, но t_{X2} и t_X находятся в разных временных сегментах;

в) проезд возможен.

В случае ответа *а* ПЕ осуществляет полный останов, модуль прекращает расчет, цель считается достигнутой и подпрограмма переходит на новый участок профиля.

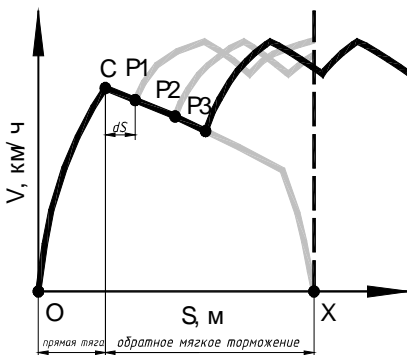


Рис.2 – Пример подбора тяговой кривой

Этап №7: если ни МОТ, ни ЖОТ не смогли «превратить» перекресток в обычную остановку, активируется модуль подбора такой

тяговой кривой, при которой ПЕ проезжает светофор без полной остановки. Для более детального рассмотрения того, как это происходит, обратимся к рис.2. Здесь кривая OC представляет собой прямую тягу, а кривая CX – МОТ, построенное на этапе №3 тягового расчета. Точка C – это точка пересечения кривой прямой тяги с кривой обратного торможения. Подбор кривой начинается с выбора точки PI . Следует отметить, что расстояние dS между точками C и PI зависит от принятого шага моделирования dV (км/ч), который задается пользователем перед началом моделирования. Другими словами, dS – это минимально возможное расстояние на тяговой кривой. Так, PI это очередная точка, следующая сразу за точкой C . Из выбранной точки PI строится кривая прямой тяги до достижения перекрестка в точке X (серая кривая, выходящая из PI , на рис.2). Если такой ПЕ на заданном светофоре проезд запрещен, то вновь полученная кривая уничтожается, модуль возвращается к прежней результирующей кривой OCX , выбирает на ней очередную точку $P2$ (которая следует сразу за PI) и расчет повторяется. Вычисления идут до тех пор, пока не будет найдена некоторая тяговая кривая, которой на заданном светофоре в точке X будет разрешен проезд. На рис.2 такой тяговой кривой получилась кривая, построенная из точки $P3$. Она и принимается как результирующая тяговая кривая для дальнейших расчетов (выделена жирной линией на рис.2). Здесь следует отметить, что данный алгоритм подбора кривых требует больших вычислительных ресурсов и машинного времени. Это одна из причин, по которой модуль тяговых расчетов сначала пытается остановить подвижную единицу на светофоре при помощи ЖОТ. Этап №7 является заключительным этапом в алгоритме проезда перекрестков. Графически дерево данного алгоритма показано на рис.3.

После того, как нами был подробно рассмотрен алгоритм проезда перекрестков, можно приступить к пояснению, что же такое светофорные ошибки.

Пусть на расстоянии P от некоторого начала движения O находится перекресток со светофорным регулированием (рис.4). На расстоянии X от того же начала движения O находится остановка. Также примем, что при построении кривой прямой тяги $O-C-CI$ на расстоянии P при некотором времени t_P ПЕ был разрешен проезд (например, в результате подбора на этапе №7, рис.3). В силу этого кривая прямой тяги $O-C-CI$ была построена до самой остановки X (серая сплошная линия на рис.4, этап №1 на рис.3). Затем из точки X строится кривая МОТ $X-C$ (этап №3 на рис.3). Точка C является точкой пересечения

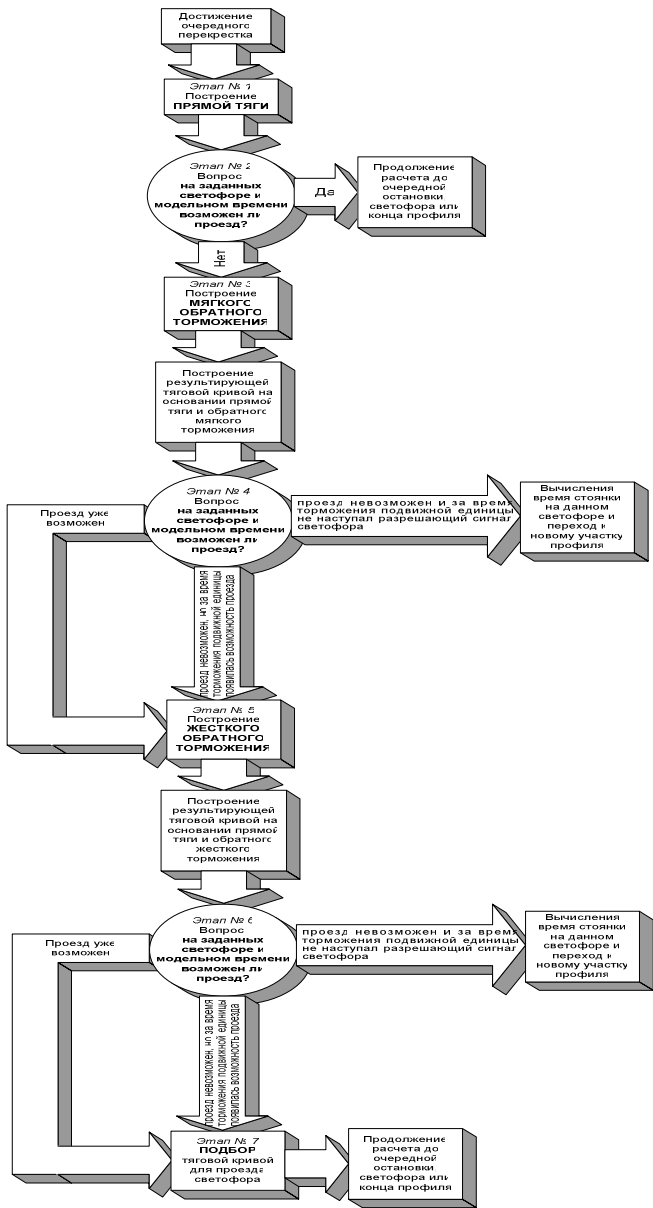


Рис.3 – Алгоритм проезда перекрестков

кривой прямой тяги с кривой МОТ. Здесь нужно привести небольшое уточнение. При построении кривой МОТ $X-C$ подпрограмма, отвечающая за эту функцию, не может знать общее модельное время t , так как расчет ведется из точки X в обратном порядке. Поэтому для модуля вычисления обратного торможения не существует светофоров и построение кривой продолжается до ближайшей остановки или начала профиля (рис.4). Далее, соответствующий модуль программы синтезирует из кривой прямой тяги $O-C-CI$ и кривой МОТ $X-C$ результирующую кривую $O-C-X$ (жирная сплошная линия на рис.4). Но из-за наличия разности скоростей dVe нельзя утверждать, что ПЕ на перекрестке P с некоторым новым модельным временем t_{PI} разрешен проезд. Проверка наличия проезда перекрестка P проводилась для кривой $O-C-CI$ при одной скорости, а результирующая кривая $O-C-X$ проходит этот же перекресток со скоростью на величину dVe меньшей. Выходом из сложившейся ситуации является построение кривой ЖОТ $X-CI$ из точки X (часть жирной сплошной и серой пунктирной линий на рис.4). При этом мы получаем новую точку пересечения кривой прямой тяги и кривой обратного торможения CI (см. рис.4). Полученная новая результирующая кривая $O-C-CI-X$ гарантированно пересекает перекресток P на разрешающий сигнал светофора. Разрешить данную

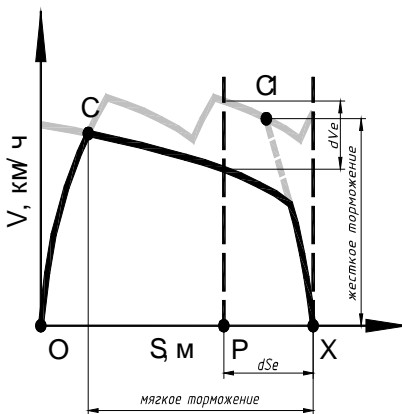


Рис.4 – Причины возникновения светофорных ошибок

ситуацию удалось за счет того, что точка пересечения тяговых кривых при помощи ЖОТ была перенесена «за» (правее) перекрестка P . Однако, такой прием можно применять только в случае, если причиной останова ПЕ на расстоянии X явился конец профиля или стандартная остановка. Но при останове ПЕ на расстоянии X из-за светофора прием с использованием ЖОТ не может быть осуществлен, так как изменится модельное время не только на светофоре P , но и на светофоре X . Это означает, что

возможность самой остановки на светофоре X в таком случае уже неочевидна. Поэтому при возникновении такой ситуации программа бе-

рет в качестве результирующей кривой тяги кривую, построенную с использованием МОТ (этап №3 на рис.3), и выдает пользователю сообщение об ошибке. Сам процесс моделирования не прерывается.

После того, как были подробно рассмотрены этапы построения тяговой кривой для прохождения перекрестков и способы построения кривых в случае близкого расположения остановок и перекрестков, можно дать определение термину светофорная ошибка.

Светофорная ошибка – это наличие в результирующей кривой тяги несанкционированного проезда перекрестка на запрещающий сигнал светофора.

Возможность имитировать светофорное регулирование на участках ГЭТ поставило перед нами ещё одну задачу – наличие обгонов ПЕ в процессе движения друг другом. На данный момент идет доработка алгоритма имитации (рис.3) для обнаружения и предупреждения обгонов.

Предлагаемая нами модель отличается от представленных ранее возможностью имитировать светофорное регулирование в условиях городского электрического транспорта. В дальнейшем планируется учесть и другие случайные факторы, непосредственно влияющие на движения электрического подвижного состава городов.

Получено 14.02.2006

УДК 658

Л.И.НЕФЕДОВ, д-р техн. наук

Харьковская национальная академия городского хозяйства

О.И.МАРТЫЧЕНКО

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

ЛОГИСТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПОСТАВКАМИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ

Рассматривается вопрос управления поставками оборудования для предприятий, чтобы обеспечить минимизацию суммарных затрат на доставку оборудования от источников к потребителям.

Появление большого количества разнообразных товаров и услуг повышает степень неопределенности спроса на них, обуславливает резкие колебания качественных и количественных характеристик материальных потоков, проходящих через логистические системы. В этих условиях способность логистических систем к адаптации и изменениям внешней среды является существенным фактором их устойчивого положения на рынке. Деятельность в области логистики имеет конечную цель, которая получила название “шести правил логистики”